



Abb. 1: Die Eisenbahnüberführung Unterreichenbach stammt aus dem Jahr 1876 und musste im Rahmen einer ganzheitlichen Bauwerksanalyse und -überwachung umfangreichen Materialuntersuchungen unterzogen werden.

Quelle: DB E&C / S. Pfenning

Bauwerk 360° – Sicherheit für Ihre Infrastruktur

Instandhaltung statt Abriss: DB Engineering & Consulting bietet eine umfassende Lösung, deren Einsatz helfen kann, die Nutzungsdauer von kritischer Infrastruktur deutlich zu verlängern.

**CHRISTIAN GEHMLICH | ALEXANDER KNORR |
BASTIAN LESCHE | JENS RÖDING |
FRANZISKA STEIN**

Statt pauschal mit Neubau auf das erreichte Alter einer Brücke zu reagieren, eröffnet die DB Engineering & Consulting GmbH (DB E&C) einen alternativen Lösungsweg für die Erhaltungsplanung auf dem aktuellsten Stand der Technik: Unter dem Produktnamen „Bauwerk 360° – Sicherheit für Ihre Infrastruktur“ bündelt die DB E&C für die Erhaltungsplanung kritischer Infrastruktur auf dem aktuellsten Stand der Technik mehrere Gewerke aus ihrem Leistungsportfolio, ergänzt sie um die Möglichkeiten einer Diagnose- und Analyseplattform und schafft damit ein Rundum-Paket nicht nur für Schieneninfrastrukturbetreiber. Eigentümer und Betreiber von Brücken, Tunneln und anderen Erd-/Bauwerken erfahren die tatsächlich verbleibende sichere Nutzungsdauer ihrer Bauwerke

und erhalten detaillierte Angaben, mit welchen Maßnahmen sie diese kostengünstig, planbar, mit möglichst geringem Einfluss auf den Verkehrsfluss sowie verkehrssicher verlängern können. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Überwachung der Bausubstanz möglich, bei der Sensoren bei eventuellen negativen Veränderungen frühzeitig einen Alarm auslösen.

Ausgangslage

Mehr als 25 700 Brücken verschiedener Bauart und unterschiedlichen Alters unterhält allein die DB InfraGO AG (DB InfraGO) in Deutschland. Über 11 000 davon sind älter als 100 Jahre – und trotzdem sicher im Betrieb. Doch jedes Bauwerk unterliegt natürlichem Verschleiß: Schäden können Standsicherheit, Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit beeinträchtigen. Sämtliche Eisenbahnbrücken werden daher von der Deutschen Bahn AG (DB) alle drei Jahre inspiziert und einmal im Jahr im Rahmen einer Begehung in Augenschein genommen. Im ak-

tuellen Bestand haben Eisenbahnbrücken eine durchschnittliche Lebensdauer von 122 Jahren. Relevant: Rund 1000 dieser Brücken befinden sich aktuell in Zustandskategorie 4. Diese schlechteste Kategorie bezeichnet Brücken, für die ein Ersatzneubau zu planen ist. Sie trifft jedoch keine Aussage über die Verkehrssicherheit. Diese wird durch regelmäßige Inspektionen gewährleistet. So sind selbst Brücken in dieser Gruppe für den Eisenbahnbetrieb sicher. Die Verweildauer in Kategorie 4 kann 15 Jahre und mehr betragen. Das hängt vom individuellen Schadensbild ab.

Herausforderung

Die Sicherheit der Verkehrswege hat oberste Priorität. Für den Alterungsprozess der Brückenbauwerke sind äußere Einflüsse sowie die Intensität und Frequenz der Belastungen maßgeblich. Oft sind die Lasten seit Inbetriebnahme des Bauwerks gestiegen – oder die vor dem Bau berechnete Belastung wurde nie erreicht. Die Folgen für die sichere Nutzungsdauer sind schwer abzuschätzen.

Deshalb immer auf Ersatz setzen? Die Erneuerung einer Brücke ist teuer und dauert in der Regel mehrere Jahre. Dabei beanspruchen nicht nur der eigentliche Planungs- und Bauprozess, sondern auch das Genehmigungsverfahren und die abschließende Inbetriebnahme Zeit. Hinzu kommen eventuell gesondert durchzuführende Untersuchungen aufgrund von Naturschutzbestimmungen oder von Anliegen von Bürgerinitiativen. Neben diesen oft vielschichtigen und aufwendigen Verfahren gibt es noch einen weiteren Engpass: In vielen beteiligten Behörden, Planungsbüros und auch bei den Auftraggebern selbst fehlen nicht selten die nötigen personellen und fachlichen Ressourcen. Baufirmen sind aktuell ohnehin stark ausgelastet – freie Kapazitäten sind Mangelware. Gleichzeitig gilt: Jeder Bau bringt Einschränkungen für Kunden mit sich, die so gering wie möglich gehalten werden müssen. Denn nur so kann der Schienenverkehr seiner Rolle als belastbarer und klimaschonender Verkehrsträger weiter gerecht werden und diese Rolle sogar ausbauen. Die DB hat sich dem Ziel verschrieben, bis 2040 ihre Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette auf Net-Zero zu reduzieren. Trotzdem führt oftmals am Ersatz alter Bauwerke kein Weg vorbei.

Lösungsansatz

Es geht um den Zeitpunkt der Erneuerung: Um zu erfahren, welche Brücke wie lange noch sicher genutzt werden kann und wann der Prozess für ihre Substitution tatsächlich eingeleitet werden muss, reicht es nicht, die Bauwerke visuell beziehungsweise handnah zu prüfen. Es sind tiefergehende Untersuchungen notwendig, um die Restnutzungsdauer einer Brücke zu ermitteln. Diese Prü-

fungen bieten auch Aufschluss darüber, ob und welche gezielten Maßnahmen die Verweildauer in Kategorie 4 verlängern können. Je geringer die Erfordernisse, desto kostengünstiger, schneller und von weniger Verkehrsbeeinträchtigungen begleitet ist ihre Umsetzung möglich. Umfangreiche Investitionen können in die Zukunft verschoben und aktuell vorhandene finanzielle Mittel auf mehrere Erhaltungsprojekte verteilt werden. Ein weiterer Vorteil: Je länger ein Bauwerk – das in der Regel aus Baustoffen wie Sand/Kies, Zement und Stahl besteht, die alle unter hohem Energieaufwand hergestellt wurden und werden – sicher genutzt werden kann, desto geringer ist sein CO₂-Fußabdruck. Eine Nutzungsverlängerung durch Instandsetzung kann die Nachhaltigkeit fördern und führt zu einer deutlichen Kostenreduktion, da aufwendige Neubauten hinausgezögert und vorhandene Mittel effizienter auf mehrere Projekte verteilt werden können.

Um erforderliche Untersuchungen für eine aktuelle statische Berechnung der Restnutzungsdauer nach Regelwerk sowie den anerkannten Regeln der Technik so effizient wie möglich durchführen zu können, hat die DB E&C verschiedene Gewerke, in denen das Unternehmen langjährige Erfahrung und Expertise zu bieten hat, zu einem neuen Produkt gebündelt: „Bauwerk 360° – Sicherheit für Ihre Infrastruktur“ ermöglicht eine ganzheitliche Bauwerksanalyse und eine darauf aufbauende konstante und ferngesteuerte Überwachung der Bauwerke aus einer Hand. Dazu gehören Bausubstanzprüfung, Geotechnik, Geomonitoring, die ergänzende Geovisualisierung und letztendlich die Tragwerksbeurteilung selbst.

Tragwerksbeurteilung

Neben der sachkundigen Sichtung und Auswertung von Bestandsunterlagen der Baulastträger fließen alle Ergebnisse der von Experten durchgeführten Bausubstanzuntersuchungen aus den vorgenannten Gewerken in die fachkundige Einschätzung des Tragverhaltens des jeweiligen Bauwerks ein. Die auf die tatsächlich vorliegende Bausubstanz ausgerichtete Nachrechnung gibt Aufschluss über die verbleibende Tragfähigkeit sowie die rechnerische Restnutzungsdauer. Mit dieser Überprüfung und dem Nachweis der Erhaltungswürdigkeit wird ein fundiertes Bewertungskriterium für die erforderlichen Investitionen zur Weiternutzung oder Erneuerung des Bauwerks bereitgestellt. Insbesondere bei Gewölbebrücken kann bei Beseitigung von Schäden und Schadensursachen eine beachtliche Langlebigkeit nachgewiesen und erreicht werden. Bei Stahl- und Massivbrücken kommt der Feststellung der bereits eingetretenen Ermüdung bzw. daraus abgeleitet der noch zu unterstellenden Restnutzungsdauer von Bauwerksteilen große Bedeutung zu, die unter Berücksichtigung von tatsächlichen oder angenommen Belastungen der Vergangenheit und Zukunft rechnerisch ermittelt wird. Die ermittelten Materialeigenschaften und angesetzten Rechenmodelle können durch Messungen am Bauwerk unter gezielter Belastung abgesichert werden. Gleichzeitig gehören die Konzeption von sinnvollen Sanierungsmöglichkeiten, daraus abgeleiteten Instandsetzungsplanungen sowie die Überwachung von Sanierungen und die Koordination bauaufsichtlicher Freigabeprozesse in diesen Leistungsbereich.

Geotechnik

Die Geotechnik umfasst Baugrunderkundungen und bodenmechanische Labor-

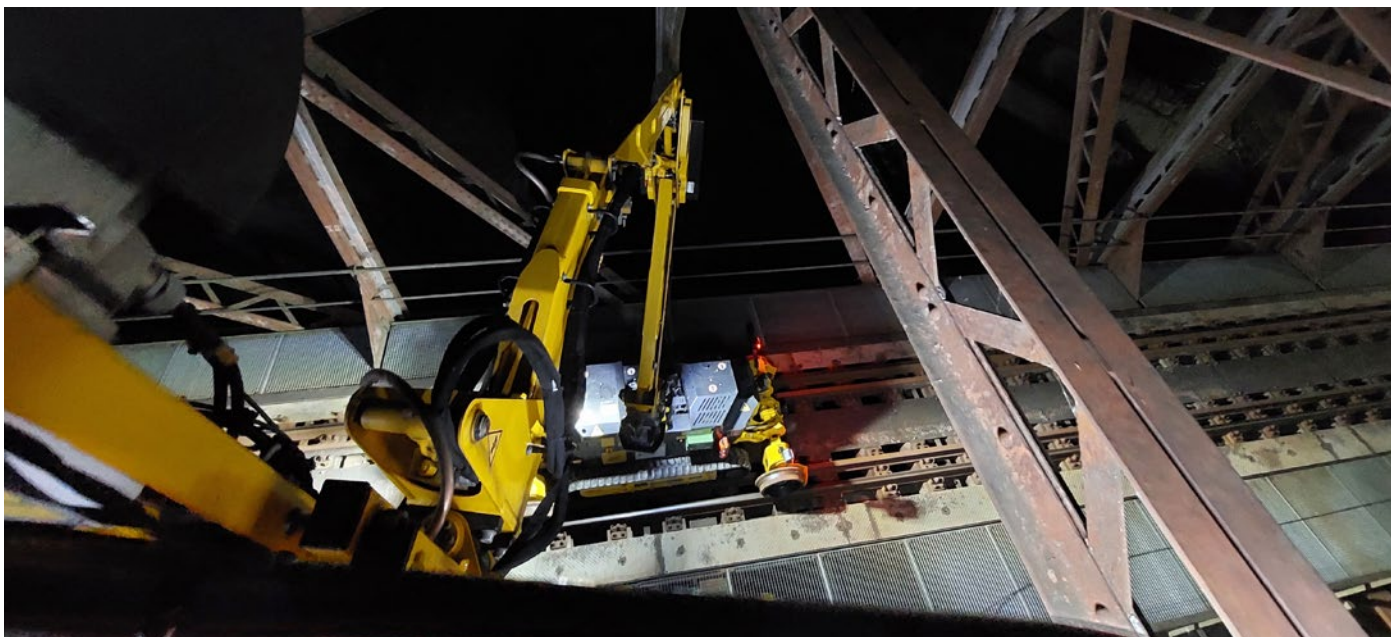


Abb. 2: Mithilfe einer detaillierten handnahen Untersuchung und einem Bauwerksmonitoring wurde das Tragwerksmodell der Eisenbahnüberführung Unterreichenbach an das reale Tragverhalten der Brücke angepasst.

Quelle: DB E&C / T. Abdou



Abb. 3: Für die Untersuchung der Bausubstanz werden Probenahmen und Geometrieerkundungen mittels Kernbohrungen durchgeführt.

Quelle: DB E&C/B. Lesche

untersuchungen zur Identifizierung baugrundbedingter Schäden. Dazu gehören auch die abfalltechnische Einstufung von Erdausbaustoffen und die Erdstatik geotechnischer Bauwerke sowie die Felsstatik. Neben Labortests, Bohrungen und Baggerschürfen ist ein eingesetztes Tool das Georadar, mittels dessen zerstörungsfrei bis in 4 m Tiefe unterschiedliche Strukturen identi-

ziert werden können. Zu den Leistungen der geotechnischen Fachexperten zählen unter anderem die Erfassung von Bestandsdaten, Prüfungen von Planungen und Abnahmen, die Erstellung von Gutachten nach dem Umweltinformationsgesetz (UIG) und für die Zustimmung im Einzelfall (ZiE), Bauwerksbewertungen, Beratung, Gründungsempfehlungen für Teilerneuerungen, Instandset-

zungsplanungen und Bauüberwachungen durch Prüfsachverständige des Eisenbahn-Bundesamts (EBA).

Geomonitoring

Dieses Gewerk umfasst die kontinuierliche Echtzeitüberwachung von Infrastrukturbauwerken wie Brücken, Gleisen, Stützwänden, Hängen und Dämmen über alle Bau- und



Abb. 4: Bauwerksdiagnostische Untersuchungen unter Zuhilfenahme eines Ponton

Quelle: DB E&C/B. Dietrich



Abb. 5: Bausubstanzuntersuchungen am Pfeiler einer Brücke der Autobahn GmbH

Quelle: DB E&C/T.Schmidt

Lebensphasen hinweg. Durch gezielte Monitoringmaßnahmen lässt sich insbesondere die Nutzung des Bestands absichern, indem physikalische Größen wie Verschiebungen, Neigungen oder Rissentwicklungen unter Umwelteinflüssen erfasst werden. Eine frühzeitige Detektion von Zustandsveränderungen ermöglicht rechtzeitige Instandsetzungen und sichert so die dauerhafte Verkehrsverfügbarkeit.

In Abstimmung mit Tragwerksplanern und Geotechnikern entsteht ein spezifisches Messkonzept, auf dessen Basis das System konzipiert, installiert und betrieben wird. Die Bereitstellung der Daten erfolgt datenschutzkonform über eine webbasierte Plattform. Durch individuelle Analysen der Messdaten werden schließlich objektive Grundlagen für die Bewertung der Bauwerksicherheit und Zustandsannahmen geschaffen.

Geovisualisierung

Nach der Datenerfassung sowie der Aktualisierung von Bestandsplänen zum zu untersuchenden Bauwerk sind diese Werte digital nutzbar. Geovisualisierung hilft, komplexe Informationen – etwa wo welche Sensoren zur Bauwerksuntersuchung und -überwachung platziert werden sollten oder Zusammenhänge von Raumdaten – verständlich darzustellen und effizient zu nutzen. Künftig sollen auch digitale Schatten und darauf aufbauend digitale Zwillinge der Bauwerke entstehen.

Bausubstanzprüfung

Ob Bauwerke aus Beton, Stahlbeton, Ziegel- oder Natursteinmauerwerk, Stahl oder Guss-

eisen – die Bausubstanzprüfung umfasst die Bewertung von Bestandsbauwerken. Dazu werden unterschiedliche zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen wie Bauteilentnahmen, Kernbohrungen, Bohrmehluntersuchungen, Oberflächenbegutachtungen, Bewehrungsortungen, Kamerabefahrungen, Feuchte- und Schichtdickenbestimmungen sowie Härteprüfungen durchgeführt und dokumentiert. Die Fachleute erstellen Gutachten zur Bausubstanz von Bauteilen und ganzen Bauwerken, analysieren und kartieren Schäden und erarbeiten Sanierungsempfehlungen.

Benefits des Produktbündels

Meist ist es nicht notwendig, alle Gewerke von Bauwerk 360° einzusetzen, um bei einer Neuberechnung eine Verlängerung der Restnutzungsdauer festzustellen. Das zeigt dieses Beispiel: Die Brücke der Eisenbahnüberführung (EÜ) Unterreichenbach wurde 1876 errichtet. Das Baujahr bedingt unklare Materialeigenschaften, ein komplexes Tragverhalten und ein System, das durch fehlende Duktilität im Material sehr sensibel auf Veränderungen reagiert. Um das Bauwerk zu analysieren, untersuchten die Experten der DB E&C für DB InfraGO das Material des Stahlüberbaus sowie der Widerlager und maßen die tatsächlichen Dehnungen bei Überfahrt durch einen Messzug. Auf Basis der gesammelten Messwerte konnten die Fachleute Nachrechnungen anstellen und in der Folge gezielte Instandsetzungsschritte planen. Erwartet wird, dass die vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen die Nutzungsdauer der Brücke um bis zu 50 Jahre verlängern.

Instandhaltungsinvestitionen lohnen sich in der Regel meist, wenn sie die weitere Nutzung sicher gewährleisten und damit die Nutzungsdauer unter wirtschaftlichen Aspekten wesentlich verlängern. Häufig ergibt die Tragfähigkeitsneuberechnung auch ohne Instandsetzungsschritte bereits eine wesentliche Verlängerung der ursprünglich berechneten Nutzungsdauer.

Durch die Bündelung aller Gewerke aus einer Hand entsteht bei DB E&C ein innovatives Produkt, um sowohl ein bestehendes Bauwerk zu beurteilen und seine aktuell zulässige Belastung sowie die verbleibende sichere Nutzungsdauer berechnen zu können als auch geeignete Sanierungsschritte zu definieren, um diese deutlich zu verlängern. Hinzu kommt, dass durch eine permanente messtechnische Überwachung (Geomonitoring) zeitnah auf erfasste (Zustands-)Veränderungen reagiert und einer eventuellen eingeschränkten Leistungsfähigkeit entgegengesteuert werden kann.

Eine Dauerüberwachung dient der Sicherheit. Ebenso erlaubt das Sammeln von Zustandsdaten Aussagen zu künftigem Verhalten und lässt Prognosen zum Lebenszyklus ableiten. Die kontinuierliche Zustandsbewertung von Kritischer Infrastruktur hat zudem weitreichende wirtschaftliche Vorteile, da durch frühzeitige Reparaturen teure Sanierungen vermieden oder zumindest hinausgezögert werden. Darüber hinaus beschleunigt das stete Monitoring aufgrund bereits vorhandener Messreihen in Kombination mit einer regelmäßig durchgeführten Bauwerksprüfung die Einleitung erforderlicher Maßnahmen. Und nur eine Datensammlung über einen längeren Zeitraum ermöglicht es, tatsächlich schädliche Veränderungen von momentanen Eindrücken zu unterscheiden und passende Eingriffe festzulegen.

DIANA Plattform

Schon heute lassen sich Daten aus dem Geomonitoring in Plattformen übernehmen. Ein nächster Schritt wird sein, die Werte der im Rahmen von Bauwerk 360°-Projekten durchgeführten Messungen in die zentrale Diagnose- und Analyseplattform DIANA einzubinden. DIANA ist ein von infraView, einer Tochter von der DB E&C, gemeinsam mit DB InfraGO entwickeltes Tool. Es dient der Zustandsüberwachung und vorausschauenden Instandhaltung im Bahnbereich. Auf DIANA werden diverse Anlagendaten gesammelt, kombiniert und analysiert und so die Überwachung des Zustands von Bahnanlagen sowie die Voraussage von Ausfällen unterstützt. Das wiederum erleichtert die Instandhaltungsplanung und sorgt so durch Prozessoptimierung für geringere Kosten sowie eine erhöhte Verfügbarkeit der Anlagen. Mit DIANA ist es möglich, das gesamte Bahnsystem aus Infrastruktur und Fahrzeugen zu evaluieren, nicht nur einzelne Komponenten.

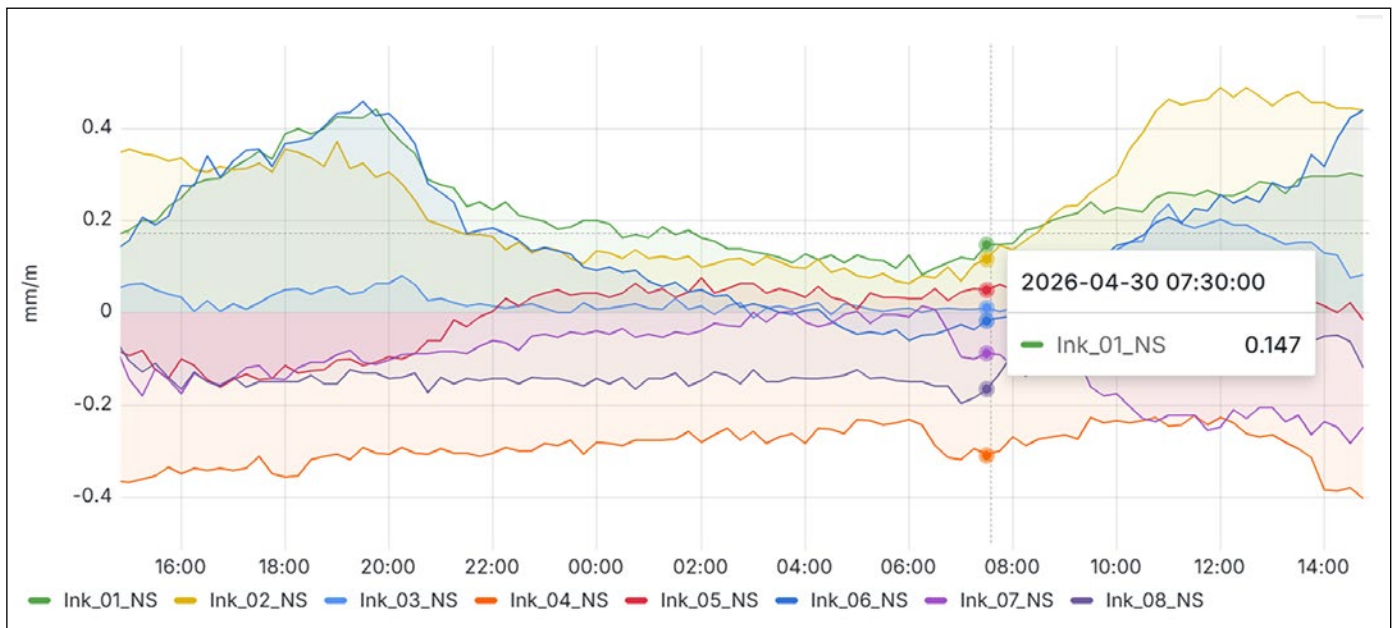


Abb. 6: Exemplarische Neigungsmessung im Tagesverlauf

Quelle: DB ECO / Geomonitoring

Die Anwendung kann leicht auf Bauwerke erweitert werden. Dann stehen die Vorteile von DIANA – unabhängig von der Gesamtbetrachtung des Systems – den Kunden von Bauwerk 360° ebenfalls zur Verfügung.

Aktion statt Reaktion

Zu empfehlen ist, nicht nur einzelne Bauwerke prüfen, sondern innerhalb eines Verantwortungsgebiets oder Bezirks alle Brücken systematisch untersuchen zu lassen. So ist festzustellen, welche Aufgaben an welchem Bauwerk am dringendsten angegangen werden müssen und welche nachfolgen können. Ist eine zeitliche Reihenfolge inklusive der erforderlichen Maßnahmen festgelegt, lassen sich viele Arbeiten mit einem längeren Vorlauf planen und so

auch leichter finanziell ins jeweilige Budget einfügen. Statt zu reagieren, ist durch die Untersuchung aller Bauwerke eines Clusters geplantes und kosteneffizientes Handeln möglich.

Ausblick

Die ganzheitliche Bauwerksanalyse und -überwachung, wie sie Bauwerk 360° ermöglicht, weist den Weg für die Zukunft der Infrastruktur: weg von verfrühten Ersatzneubauten hin zu datenbasierten, nachhaltigen und wirtschaftlichen Erhaltungsstrategien. Der gezielte Einsatz moderner Diagnosemethoden, digitaler Plattformen und kontinuierlicher Überwachung macht Entscheidungen künftig präziser, schneller und ressourcenschonender.

Angesichts steigender Verkehrsbelastungen, begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen sowie ambitionierter Klimaziele wird dieser Ansatz weiter an Bedeutung gewinnen. Die Verlängerung der Nutzungsdauer bestehender Bauwerke trägt nicht nur zur Entlastung von Haushalten und Baukapazitäten bei, sondern reduziert auch den ökologischen Fußabdruck erheblich.

In Zukunft ist zu erwarten, dass sich integrierte Lösungen wie Bauwerk 360° zunehmend als Standard etablieren. Sie ermöglichen eine vorausschauende Instandhaltungsplanung, erhöhen die Sicherheit und Verfügbarkeit von Verkehrswegen und leisten gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Transformation der Infrastruktur. ■



Dipl.-Ing. Christian Gehmlich
Leiter Bausubstanz
Region Deutschland Südost
DB Engineering & Consulting GmbH,
Dresden
christian.gehmlich@db-eco.com



Dipl.-Ing. (FH) Alexander Knorr
Leiter Geodäsie / Umwelt
Region Deutschland Südwest
DB Engineering & Consulting GmbH,
Karlsruhe
alexander.a.knorr@db-eco.com



Dipl.-Ing. Bastian Lesche
Leiter Umwelt- & Geo-Services
Region Deutschland Süd / Südost
DB Engineering & Consulting GmbH,
Leipzig
bastian.lesche@db-eco.com



Dipl.-Ing. Univ. Jens Röding, M. Eng.
Leiter Planung
Konstruktiver Ingenieurbau
Region Deutschland Süd
DB Engineering & Consulting GmbH,
München
jens.roeding@db-eco.com



Franziska Stein, M. Sc.
Senior Planungsingenieurin
Geomonitoring
Region Deutschland Mitte
DB Engineering & Consulting GmbH,
Frankfurt a. M.
franziska.stein@db-eco.com